



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 102 02 875 A 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
H 01 M 8/04
B 60 L 11/18

②① Aktenzeichen: 102 02 875.3
②② Anmeldetag: 25. 1. 2002
④③ Offenlegungstag: 1. 8. 2002

③⑩ Unionspriorität:

018284/01 26. 01. 2001 JP
018363/01 26. 01. 2001 JP

⑦① Anmelder:

Kabushiki Kaisha Equos Research, Tokio/Tokyo, JP

⑦④ Vertreter:

Vossius & Partner, 81675 München

⑦② Erfinder:

Kato, Kenji, Kariya, Aichi, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Brennstoffzellenvorrichtung und Verfahren zu ihrer Steuerung

⑤⑦ Eine Brennstoffzellenvorrichtung weist eine Brennstoffzelle auf, die direkt mit einer Last verbunden ist. Eine Stromspeicherschaltung mit einem Stromspeicher ist mit der Brennstoffzelle parallelgeschaltet. Der Stromspeicher liefert elektrische Leistung an die Last, wenn die elektrische Leistung, die von der Brennstoffzelle geliefert wird, kleiner ist als die elektrische Leistung, die die Last erfordert. Der Stromspeicher wird durch Regenerativleistung, die in der Last erzeugt wird, und durch elektrische Leistung, die von der Brennstoffzelle abgegeben wird, geladen. Die Brennstoffzelle gibt elektrische Leistung in einem vorbestimmten Bereich ab.

DE 102 02 875 A 1

DE 102 02 875 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft eine Brennstoffzellenvorrichtung und ein Verfahren zu ihrer Steuerung.

[0002] Bisher sind Brennstoffzellen, die eine hohe Stromerzeugungseffizienz haben und keine toxischen Substanzen abgeben, als Stromerzeugungsvorrichtung für industrielle oder private Zwecke oder als Stromquelle eines künstlichen Satelliten, Flugzeugs oder dgl. in die Praxis umgesetzt worden. In den letzten Jahren haben inzwischen Entwicklungen zur Verwendung einer Brennstoffzelle als Stromquelle eines Fahrzeugs, z. B. Kraftfahrzeug, Bus oder Lastkraftwagen, Fortschritte gemacht.

[0003] Ein solches Fahrzeug weist viele Hilfsvorrichtungen auf, z. B. Scheinwerfer, Radio und elektrische Fensterheber, die auch dann Elektrizität verbrauchen, wenn das Fahrzeug steht, und ein solches Fahrzeug bewegt sich in verschiedenen Mustern. Daher ist eine in einem Fahrzeug verwendete Stromquelle erforderlich, um in einem beachtlich breiten Bereich von Betriebsbedingungen eine hinreichende Leistung zu liefern. Wenn eine Brennstoffzelle als Stromquelle für ein Fahrzeug verwendet wird, wird demzufolge im allgemeinen ein Hybridsystem verwendet, das eine Batterie (Speicherbatterie oder Akkumulatorbatterie) und eine Brennstoffzelle aufweist.

[0004] Fig. 1 zeigt eine herkömmliche Brennstoffzellenvorrichtung.

[0005] In Fig. 1 bezeichnet das Bezugszeichen 101 eine Brennstoffzelle, die im allgemeinen eine Polymerelektrolytmembranbrennstoffzelle (PEMFC) ist, aber auch eine Alkalibrennstoffzelle (AFC), eine Phosphorsäurebrennstoffzelle (PAFC), eine Carbonatschmelzebrennstoffzelle (MCFC), eine Festoxidbrennstoffzelle (SOFC) oder eine direkte Methanolbrennstoffzelle (DMFC) sein kann.

[0006] Das Bezugszeichen 102 bezeichnet eine Batterie, die nach Aufladung immer wieder entladen werden kann, z. B. eine Bleiakkumulatorbatterie, eine Nickel-Cadmiumakkumulatorbatterie, eine Nickel-Wasserstoffakkumulatorbatterie, eine Lithiumionenakkumulatorbatterie oder eine Natrium-Schwefelakkumulatorbatterie.

[0007] Das Bezugszeichen 103 bezeichnet einen Umformer (INV). Der Umformer 103 wandelt Gleichstrom, der von der Brennstoffzelle 101 oder der Batterie 102 abgegeben wird, in Wechselstrom um und liefert Wechselstrom an einen nicht dargestellten Wechselstrommotor, der als Antriebsquelle zur Drehung von Rädern eines Fahrzeugs dient. Wenn die Antriebsquelle ein Gleichstrommotor ist, wird der Gleichstrom, der von der Brennstoffzelle 101 oder der Batterie 102 abgegeben wird, bemerkenswerterweise direkt an die Antriebsquelle geliefert, ohne den Umformer 103 zu durchlaufen.

[0008] In der Brennstoffzellenvorrichtung mit der oben beschriebenen Konfiguration sind die Brennstoffzelle 101 und die Batterie 102 parallelgeschaltet, um elektrische Leistung an den Umformer 103 zu liefern. Daher wird elektrische Leistung automatisch von der Batterie 102 an den Umformer 103 geliefert, wenn die Brennstoffzelle 101 bei Halt des Fahrzeugs abschaltet oder wenn die Brennstoffzelle 101 bei Schwerlastbetrieb keine Solleistung mehr liefern kann, z. B. bei einer Bergfahrt.

[0009] Wenn das Fahrzeug bremst, fungiert inzwischen der Wechselstrommotor, der als Antriebsquelle dient, als Generator, um elektrische Regenerativleistung zu erzeugen. Dabei wird die elektrische Regenerativleistung an die Batterie 102 geliefert, die wieder geladen wird. Wenn ferner die Klemmenspannung der Batterie 102 durch Entladung abfällt, wird die elektrische Leistung, die von der Brennstoffzelle 101 erzeugt wird, automatisch an die Batterie 102 ge-

liefert.

[0010] Wie oben beschrieben, wird in der Brennstoffzellenvorrichtung die Batterie 102 ständig geladen, und die elektrische Leistung wird automatisch von der Batterie 102 an den Umformer 103 geliefert, wenn die Brennstoffzelle 101 ihre Solleistungshöhe nicht mehr liefern kann. Dadurch kann das Fahrzeug in verschiedenen Fahrbetriebsarten stabil betrieben werden.

[0011] Da jedoch in der herkömmlichen Brennstoffzellenvorrichtung die Brennstoffzelle 101 und die Batterie 102 einfach parallelgeschaltet sind, ohne Steuerung des Stromverhältnisses zwischen der Brennstoffzelle 101 und der Batterie 102, werden der Strom der Brennstoffzelle 101 und der Strom der Batterie 102 durch deren Strom-Spannungskennlinie bestimmt.

[0012] Deshalb liefert die Batterie 102 immer elektrische Leistung, und die Batterie 102 muß also eine große Kapazität haben. Da die Batterie im allgemeinen groß, schwer und teuer ist, führt eine Vergrößerung der Kapazität der Batterie 102 zu einer entsprechenden Vergrößerung des Volumens, des Gewichts und des Kostenaufwands des Fahrzeugs.

[0013] Wenn die Klemmenspannungen der Brennstoffzelle 101 und der Batterie 102 so eingestellt sind, daß die Spannungsdifferenz zwischen ihnen reduziert wird, auch wenn die Klemmenspannung der Batterie 102 infolge einer Entladung abfällt, fließt kein hoher Strom von der Brennstoffzelle 101 zur Batterie 102, mit dem Ergebnis, daß die Aufladung der Batterie 102 viel Zeit erfordert. Wenn die Klemmenspannungen der Brennstoffzelle 101 und der Batterie 102 so eingestellt sind, daß die Spannungsdifferenz zwischen ihnen erhöht wird, fließt ein hoher Strom (elektrische Leistung) von der Brennstoffzelle 101 zur Batterie 102 mit dem Ergebnis, daß die Batterie 102 infolge einer Überladung zerstört werden kann.

[0014] Außerdem ändert sich im allgemeinen die Spannungs-Strom-Kennlinie der Batterie mit der verbleibenden Kapazität, wodurch es schwierig wird, ein vorbestimmtes Ausgangsleistungsverhältnis zwischen der Brennstoffzelle 101 und der Batterie 102 zu halten, damit die Brennstoffzelle 101 und die Batterie 102 ihre ursprünglichen Strom-Spannungs-(oder elektrische Leistungs-)Kennlinien entfalten können. Daher können die folgenden Probleme auftreten. Auch wenn die Brennstoffzelle 101 bei Schwerlastbetrieb, z. B. bei einer Bergfahrt, keine Solleistung mehr liefern kann, wird keine elektrische Leistung von der Batterie 102 an den Umformer 103 geliefert, und die Bewegung des Fahrzeugs ist daher eingeschränkt. Auch wenn die verbleibende Kapazität der Batterie 102 sich verringert, wird keine elektrische Leistung von der Brennstoffzelle 101 an die Batterie 102 geliefert, mit dem Ergebnis, daß die Batterie 102 leer wird.

[0015] Um die Probleme im Zusammenhang mit der herkömmlichen Brennstoffzellenvorrichtung zu lösen, hat der Erfinder der vorliegenden Erfindung eine verbesserte Brennstoffzellenvorrichtung und ein verbessertes Verfahren zur Steuerung einer Brennstoffzellenvorrichtung vorgeschlagen (siehe die japanische Patentanmeldung 2000-362 597).

[0016] Die Brennstoffzellenvorrichtung weist eine Brennstoffzelle, eine Last, die mit den Ausgangsklemmen der Brennstoffzelle verbunden ist, und eine Stromspeicherschaltung auf, die einen Stromspeicher aufweist und mit der Brennstoffzelle parallelgeschaltet ist. Der Stromspeicher liefert elektrische Leistung an die Last, wenn die elektrische Leistung, die von der Brennstoffzelle geliefert wird, kleiner ist als die elektrische Leistung, die von der Last gefordert wird. Der Stromspeicher wird durch elektrische Regenerativleistung, die in der Last erzeugt wird, und durch elektrische Leistung, die von der Brennstoffzelle erzeugt wird, ge-

laden. Die elektrische Akkumulationsschaltung weist ferner eine Spannungserhöhungsschaltung zur Erhöhung der Spannung, die vom Stromspeicher abgegeben wird, und zur Lieferung von elektrischer Leistung an die Last auf; eine Ladeschaltung zum Liefern einer elektrischen Leistung, die von der Brennstoffzelle abgegeben wird, an den Stromspeicher, um den Stromspeicher zu laden; und eine Fahrzustandsermittlungseinrichtung zum Ermitteln des Fahrzustands des Fahrzeugs. Die Spannungserhöhungsschaltung und die Ladeschaltung werden entsprechend dem Fahrzustand des Fahrzeugs selektiv betrieben, wie von der Fahrzustandsermittlungseinrichtung ermittelt.

[0017] Das Verfahren ist geeignet, eine Brennstoffzellenvorrichtung zu steuern, die aufweist: eine Brennstoffzelle mit Klemmen, die mit einer Last verbunden sind; und eine Stromspeicherschaltung, die mit der Brennstoffzelle in Reihe geschaltet ist und eine Spannungserhöhungsschaltung aufweist, eine Ladeschaltung und einen Stromspeicher, wobei das Verfahren die elektrische Leistung, die in den Stromspeicher geladen wird, und die elektrische Leistung, die vom Stromspeicher an die Last geliefert wird, steuert.

[0018] Die Brennstoffzellenvorrichtung und das Verfahren zur Steuerung einer Brennstoffzellenvorrichtung, die vom Erfinder der vorliegenden Erfindung vorgeschlagen werden, haben die Probleme der herkömmlichen Brennstoffzellenvorrichtung gelöst. Das Strom-(elektrische Leistungs-)Verhältnis zwischen der Brennstoffzelle und der Batterie kann also ordnungsgemäß gesteuert werden, um ein ordnungsgemäßes Laden der Batterie zu ermöglichen, zu verhindern, daß die Kapazität der Batterie erhöht wird, und ein vorbestimmtes Ausgangsleistungsverhältnis zwischen der Brennstoffzelle und der Batterie beizubehalten.

[0019] Die Brennstoffzellenvorrichtung und das Verfahren zu ihrer Steuerung, die von den Erfindern der vorliegenden Erfindung vorgeschlagen werden, gehen davon aus, daß die Leistungsfähigkeit und der Betrieb der Brennstoffzelle ständig stabil sind und daß die Brennstoffzelle konstant eine elektrische Leistung abgibt. Wenn eine große Last an der Brennstoffzelle anliegt, erhöhen sich die Temperaturen des Elektrolytfilms und der Elektroden der Brennstoffzelle, und im schlimmsten Fall brennen der Elektrodenfilm und die Elektroden durch. Auch wenn der Elektrolytfilm und die Elektroden nicht durchbrennen, verschlechtert sich die Leistungsfähigkeit der Brennstoffzelle stark, oder der Betrieb wird instabil. Damit die Brennstoffzelle elektrische Leistung konstant abgeben kann, muß inzwischen Brennstoff, z. B. Wasserstoffgas, mit einer konstanten Rate an die Brennstoffzelle geliefert werden. Wenn die Durchflußrate des gelieferten Brenngases kleiner wird als die Durchflußrate, die die Brennstoffzelle erfordert, um eine elektrische Solleistung abzugeben, bewirken Kohlenstoff und andere Komponenten, die in den Teilen enthalten sind, die die Brennstoffzelle bilden, eine Reaktion, mit dem Ergebnis, daß die Brennstoffzelle durchbrennt. Wenn dagegen der Druck des gelieferten Brenngases übermäßig hoch ist, kann ein Teil, das die Brennstoffzelle bildet, zerstört werden.

[0020] Eine Aufgabe der Erfindung ist es, diese Probleme zu lösen und eine Brennstoffzellenvorrichtung und ein Verfahren zu ihrer Steuerung bereitzustellen, bei der bzw. dem eine Last, die an einer Brennstoffzelle anliegt, so gesteuert wird, daß sie in einen vorbestimmten Bereich fällt, und die Durchflußrate eines Brennstoffs, der an die Brennstoffzelle geliefert wird, auf eine geeignete Höhe gesteuert wird, so daß ständig ein stabiler Betrieb realisiert wird, wobei gleichzeitig ein Schaden an der Brennstoffzelle und eine Verschlechterung der Leistungsfähigkeit der Brennstoffzelle verhindert werden. Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen der Ansprüche gelöst.

[0021] Wenn in der Brennstoffzellenvorrichtung nach Anspruch 1 die von der Last geforderte elektrische Leistung die höchste Ausgangsleistung der Brennstoffzelle überschreitet, wird eine verminderte Solleistung vom Stromspeicher geliefert. Da der Stromspeicher beispielsweise durch Regenerativleistung geladen wird, wird der Stromspeicher niemals leer.

[0022] Da die Ausgangsleistung der Brennstoffzelle den vorbestimmten Bereich nicht überschreitet, wird die Brennstoffzelle außerdem nicht beschädigt, kann eine Solleistungsfähigkeit beibehalten und ständig einen stabilen Betrieb ermöglichen.

[0023] Obwohl die Brennstoffzellenvorrichtung nach Anspruch 2 eine einfache Konfiguration hat, kann die Brennstoffzellenvorrichtung den SOC (Ladezustand) des Stromspeicher ordnungsgemäß steuern. Deshalb kann der Regenerativstrom (elektrische Leistung) in einem gewissen Grad verwendet werden, ohne verloren zu gehen, und daher kann Brenngas für die Brennstoffzelle eingespart werden. Außerdem muß die Kapazität des Stromspeichers nicht über das gewünschte Maß erhöht werden. Ferner wird die elektrische Leistung, die der Solleistung entspricht, von der Brennstoffzelle und vom Stromspeicher ordnungsgemäß geliefert. Da der Stromspeicher beispielsweise durch Regenerativleistung ordnungsgemäß geladen wird, wird der Stromspeicher nie leer. Da die Ausgangsleistung der Brennstoffzelle ferner den vorbestimmten Bereich nicht überschreitet, wird die Brennstoffzelle nicht beschädigt, und sie kann die Solleistungsfähigkeit beibehalten und ständig einen stabilen Betrieb ermöglichen.

[0024] Obwohl die Brennstoffzellenvorrichtung nach Anspruch 3 eine einfache Konfiguration hat, kann die Brennstoffzellenvorrichtung den SOC des Stromspeicher ordnungsgemäß steuern. Dadurch kann Regenerativstrom bis zu einem gewissen Grad verwendet werden, ohne verloren zu gehen, und daher kann Brenngas für die Brennstoffzelle eingespart werden. Da die Ausgangsspannung des Stromspeichers ordnungsgemäß erhöht werden kann, wird die elektrische Leistung entsprechend der Solleistung ordnungsgemäß vom Stromspeicher geliefert. Da der Stromspeicher beispielsweise durch Regenerativleistung ordnungsgemäß geladen wird, wird der Stromspeicher nicht leer. Da die Ausgangsleistung der Brennstoffzelle den vorbestimmten Bereich nicht überschreitet, wird ferner die Brennstoffzelle nicht beschädigt, kann die gewünschte Leistung beibehalten und kann ständig einen stabilen Betrieb ermöglichen.

[0025] Gemäß Anspruch 4 wird die elektrische Leistung, die der Solleistung entspricht, von der Brennstoffzelle und vom Stromspeicher ordnungsgemäß geliefert, so daß die Bewegung des Fahrzeugs nicht behindert wird.

[0026] Gemäß Anspruch 5 werden die Elektrolytfilme und Elektroden der Brennstoffzelle nicht beschädigt.

[0027] Gemäß Anspruch 6 wird die Ausgangsleistung des Stromspeicher durch eine Vorwärtsregelung gesteuert, und dadurch kann eine schnelle Steuerung mit schneller Reaktion erreicht werden.

[0028] Gemäß Anspruch 7 wird die Ausgangsleistung der Brennstoffzelle durch eine Rückkopplungsregelung gesteuert, und dadurch wird die Anforderung der Last zuverlässig erfüllt.

[0029] Da gemäß Anspruch 8 das Brenngas, das an die Brennstoffzelle geliefert wird, einen ordnungsgemäßen Druck hat, wird die Brennstoffzelle nicht beschädigt und kann Strom stabil abgeben.

[0030] Da gemäß Anspruch 9 das Brenngas, das an die Brennstoffzelle geliefert wird, einen ordnungsgemäßen Druck hat, wird die Brennstoffzelle nicht beschädigt und

kann Strom stabil abgeben.

[0031] Gemäß Anspruch 10 werden die Brennstoffelektroden der Brennstoffzelle nicht beschädigt.

[0032] Gemäß Anspruch 11 kann die Struktur der Vorrichtung vereinfacht und der Kostenaufwand reduziert werden.

[0033] Gemäß Anspruch 12 wird die Genauigkeit der Steuerung des Drucks des Brenngases, das an die Brennstoffzelle geliefert wird, erhöht, und die Brennstoffeffizienz der Brennstoffzelle kann verbessert werden. Dadurch wird die Gesamtwirtschaftlichkeit der Brennstoffzellenvorrichtung verbessert.

[0034] Verschiedene andere Aufgaben, Merkmale und viele der begleitenden Vorteile der Erfindung werden ohne weiteres anerkannt werden, da diese mit Bezug auf die nachstehende ausführliche Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen unter Berücksichtigung der beigefügten Zeichnungen besser verständlich sind. Dabei zeigen:

[0035] Fig. 1 ein Schaltbild, das eine herkömmliche Brennstoffzellenvorrichtung zeigt;

[0036] Fig. 2 eine konzeptionelle Darstellung einer Brennstoffzellenvorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung;

[0037] Fig. 3 ein Schaltbild, das ein Beispiel des Stromspeichers zeigt, der in der ersten Ausführungsform der Erfindung verwendet wird, in der eine Batterie und ein elektrischer Doppelschichtkondensator kombiniert sind;

[0038] Fig. 4 ein Diagramm, das die Kennlinie der Brennstoffzelle zeigt, die in der ersten Ausführungsform der Erfindung verwendet wird;

[0039] Fig. 5 ein Flußdiagramm, das ein Verfahren zur Steuerung einer Brennstoffzellenvorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform der Erfindung zeigt;

[0040] Fig. 6 ein Flußdiagramm, das ein Verfahren zur Steuerung einer Brennstoffzellenvorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung zeigt; und

[0041] Fig. 7 ein Schaltbild, das eine Vorrichtung zur Lieferung eines Brennstoffs und eines Oxidationsmittels an eine Brennstoffzelle gemäß einer dritten Ausführungsform der Erfindung zeigt.

[0042] Fig. 2 ist eine konzeptionelle Darstellung einer Brennstoffzellenvorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung; und Fig. 3 ist ein Schaltbild, das ein Beispiel des Stromspeichers zeigt, der in der ersten Ausführungsform der Erfindung verwendet wird, in der eine Batterie und ein elektrischer Doppelschichtkondensator kombiniert sind.

[0043] In Fig. 2 bezeichnet das Bezugszeichen 10 eine Brennstoffzellen-(FC-)Schaltung, die als Stromquelle eines Fahrzeugs, z. B. eines Kraftfahrzeugs, Busses oder Lastkraftwagens, verwendet wird. Das Fahrzeug weist Zusatzvorrichtungen auf, z. B. Scheinwerfer, Radio und elektrische Fensterheber, die Elektrizität auch dann verbrauchen, wenn das Fahrzeug steht, und das Fahrzeug bewegt sich in verschiedenen Mustern. Deshalb muß eine Stromquelle, die in einem Fahrzeug verwendet wird, eine hinreichende Leistung in einem beträchtlich breiten Bereich von Betriebsbedingungen liefern. Demzufolge werden eine Brennstoffzelle 11 und eine Batterie 12, die als Stromspeicher dient, in Kombination als Stromquelle verwendet.

[0044] Die Brennstoffzelle 11 ist vorzugsweise eine Polymerelektrolytmembranbrennstoffzelle (PEMFC), kann aber auch eine Alkalibrennstoffzelle (AFC), eine Phosphorsäurebrennstoffzelle (PAFC), eine Carbonatschmelzebrennstoffzelle (MCFC), eine Festoxidbrennstoffzelle (SOFC) oder eine direkte Methanolbrennstoffzelle (DMFC) sein.

[0045] Insbesondere ist die Brennstoffzelle 11 eine PEM-(Protonenaustauschmembran-)Brennstoffzelle, die Wasserstoffgas als Brennstoff und Sauerstoff oder Luft als Oxidati-

onsmittel verwendet. Die PEM-Brennstoffzelle besteht im allgemeinen aus einem Stapel aus mehreren in Reihe geschalteten Zellen. Jede Zelle weist einen Polymerfilm auf, durch den Ionen, z. B. Protonen, gelangen können; und eine Katalysatorschicht, eine Elektrode und eine Trennplatte sind auf beiden Seiten des Polymerfilms befestigt (siehe JP-A-11-317 236).

[0046] In der vorliegenden Ausführungsform wird eine PEM-Brennstoffzelle mit einem Stapel aus 400 in Reihe geschalteten Zellen verwendet. In diesem Fall hat die PEM-Brennstoffzelle eine Gesamtelektrodenfläche von 300 cm², eine Leerlauf-Klemmenspannung von etwa 360 V und eine Ausgangsleistung von etwa 42 kW. Die Temperatur im Dauerbetrieb ist etwa 50 bis 90°C.

[0047] Wasserstoffgas, das als Brenngas dient, kann durch Reformation beispielsweise von Methanol oder Benzin gewonnen werden, die unter Verwendung einer nicht dargestellten Reformierungsvorrichtung erfolgt, und direkt an die Brennstoffzelle 11 geliefert werden. Um auch bei Schwerlastbetrieb Wasserstoff mit einer hinreichenden Durchflußrate zu liefern, wird Wasserstoffgas vorzugsweise aus einer Brennstoffspeichereinheit geliefert, z. B. aus einer Wasserstoffspeicherlegierung oder einem Wasserstoffgaszylinder. Da in diesem Fall Wasserstoffgas immer mit einer hinreichenden Durchflußrate bei einem im wesentlichen konstanten Druck geliefert wird, kann die Brennstoffzelle 11 die elektrische Solleistung liefern, wobei sie gleichzeitig den Änderungen der Last des Fahrzeugs ohne Verzögerung nachkommt.

[0048] In diesem Fall ist der Ausgangswiderstand der Brennstoffzelle 11 beträchtlich niedrig und kann sich null nähern.

[0049] In Fig. 2 bezeichnet das Bezugszeichen 12 eine Akkumulatorbatterie (oder Speicherbatterie), die als Stromspeicher dient, der nach Aufladung immer wieder entladen werden kann, z. B. eine Bleiakkumulatorbatterie, eine Nickel-Cadmiumbatterieakkumulatorbatterie, eine Nickel-Wasserstoffakkumulatorbatterie, eine Lithiumionenakkumulatorbatterie oder eine Natrium-Schwefelakkumulatorbatterie. Von diesen wird eine Blei-Hochleistungsakkumulatorbatterie, eine Lithiumionenakkumulatorbatterie oder eine Natrium-Schwefelakkumulatorbatterie, die in Elektrokräftfahrzeugen oder anderen Anwendungen verwendet werden, bevorzugt.

[0050] Die vorliegende Ausführungsform verwendet eine Blei-Hochleistungsakkumulatorbatterie, die eine Leerlauf-Klemmenspannung von etwa 210 V und eine Kapazität zur Lieferung einer Leistung von etwa 10 kW über eine Periode von etwa 5 bis 20 min hat.

[0051] Der Stromspeicher ist nicht auf die Batterie beschränkt und kann jede Form haben, sofern der Stromspeicher Energie elektrisch speichern und abgeben kann. Beispiele für den Stromspeicher sind u. a. ein Kondensator, z. B. ein elektrischer Doppelschichtkondensator, ein Schwungrad, eine supraleitende Spule und ein Druckspeicher. Diese Komponenten können einzeln oder in Kombination verwendet werden.

[0052] Wie beispielsweise im japanischen Patent 2 753 907 beschrieben, kann die Batterie mit elektrischen Doppelschichtkondensatoren kombiniert sein, um den Stromspeicher zu bilden, wie in Fig. 3 gezeigt. Im Stromspeicher 12' in Fig. 3 ist eine Batterie Bt mit einem Kondensator C2 in Reihe geschaltet. Im einzelnen ist die positive Klemme der Batterie Bt mit der negativen Klemme des Kondensators C2 verbunden. Die positive Klemme der Batterie Bt ist außerdem mit dem Kollektor eines Transistors Tr1 und dem Emitter eines Transistors Tr2 verbunden.

[0053] Der Emitter des Transistors Tr1 und der Kollektor

des Transistors Tr2 sind mit dem positiven Anschluß des Kondensators C2 und mit dem Kollektor eines Transistors Tr3 verbunden. Eine Diode D1 ist bemerkenswerterweise zwischen den Emitter und den Kollektor des Transistors Tr3 geschaltet.

[0054] Der positive Anschluß eines Kondensators C1 ist mit dem Emitter des Transistors Tr3 verbunden. Auf diese Weise ist der Kondensator C1 mit der Batterie Bt über die Transistoren Tr1 bis Tr3 und die Diode D1 parallelgeschaltet.

[0055] Die Batterie Bt entspricht der Batterie 12. Jeder der Kondensatoren C1 und C2 ist vorzugsweise ein hochkapazitiver Kondensator mit einer großen Kapazität pro Volumeneinheit, einem niedrigen Ohmschen Widerstand und einer hohen Ausgangsleistungsdichte, z. B. ein elektrischer Doppelschichtkondensator. Obwohl die Kapazität der Kondensatoren C1 und C2 unter Berücksichtigung des Gleichgewichts zwischen der Kapazität und dem einzunehmenden Volumen frei bestimmt werden kann, ist die Kapazität vorzugsweise 9 F oder mehr.

[0056] Jeder der Kondensatoren C1 und C2 kann aus mehreren in Reihe geschalteten Kondensatoren bestehen. Dabei kann jeder Einzelkondensator eine reduzierte Haltespannung haben.

[0057] Der positive Anschluß des Kondensators C2 und der Kollektor des Transistors Tr3 sind mit der positiven Klemme des Stromspeichers 12' verbunden; und die negative Klemme der Batterie Bt und die negative Elektrode des Kondensators C1 sind mit der negativen Klemme des Stromspeichers 12' verbunden.

[0058] Im Stromspeicher 12' mit der oben beschriebenen Konfiguration werden die elektrische Leistung, die jeweils von der Batterie Bt, dem Kondensator C1 und dem Kondensator C2 abgegeben wird, und die elektrische Leistung, die jeweils in die Batterie Bt, den Kondensator C1 und den Kondensator C2 geladen wird, durch Schalten der Transistoren Tr1 bis Tr3 gesteuert.

[0059] In Fig. 2 bezeichnet das Bezugszeichen 13 einen Umformer, der als Antriebssteuervorrichtung (nämlich für eine Last) dient. Der Umformer 13 wandelt Gleichstrom von der Brennstoffzelle 11 oder der Batterie 12 in Wechselstrom um und liefert den Wechselstrom an einen Motor 14, der als Antriebsmotor zur Drehung von Rädern des Fahrzeugs dient. Der Motor 14 fungiert auch als Generator und erzeugt einen sogenannten Regenerativstrom (elektrische Regenerativleistung), wenn das Fahrzeug bremst. Wenn der Motor 14 gemäß der vorliegenden Ausführungsform von den Rädern gedreht wird, um dadurch elektrische Leistung zu erzeugen, bremst der Motor 14 die Räder; d. h. er fungiert als Bremsvorrichtung (d. h. Bremse) des Fahrzeugs. Wie später beschrieben wird, wird der Regenerativstrom (elektrische Regenerativleistung) an die Batterie 12 geliefert, um diese zu laden.

[0060] Das Bezugszeichen 15 bezeichnet eine Batterieladesteuerschaltung, die eine Parallelschaltung ist, die aus einem Thyristor 15b und einem IGBT (Bipolartransistor mit isoliertem Gate) 15a besteht, der ein schnelles Schaltelement ist, das als Ladeschaltelement dient. Der IGBT 15a läßt einen Stromfluß von etwa 200 A zu.

[0061] Das Bezugszeichen 16 bezeichnet eine Batterieentladungssteuerschaltung, die als Spannungserhöhungssteuerschaltung dient. Wie bei der Batterieladesteuerschaltung 15 ist die Batterieentladungssteuerschaltung 16 eine Parallelschaltung, die aus einem Thyristor 16b und einem IGBT 16a besteht, der als Spannungserhöhungsschaltelement dient. Der IGBT 16a läßt einen Stromfluß von etwa 200 A zu.

[0062] Das Bezugszeichen 17 bezeichnet eine Spule, die einen Stromfluß von etwa 200 A zuläßt. In Verbindung mit

der Batterieentladungssteuerschaltung 16 bildet die Spule 17 eine Spannungserhöhungsschaltung, um die Ausgangsspannung der Batterie 12 zu erhöhen.

[0063] Der IGBT 16a der Batterieentladungssteuerschaltung 16 wird durch ein Schaltsignal mit einer vorbestimmten Frequenz (z. B. etwa 20 kHz) ein- und ausgeschaltet. Wenn der IGBT 16a eingeschaltet ist, fließt Gleichstrom von der Batterie 12 durch die Spule 17, so daß in der Spule 17 Energie gespeichert wird. Wenn der IGBT 16a ausgeschaltet ist, wird der Ausgangsspannung der Batterie 12 eine Spannung entsprechend der in der Spule 17 gespeicherten Energie hinzugefügt, um die Ausgangsspannung zu erhöhen. Obwohl die erhöhte Ausgangsspannung der Batterie 12 durch das Schaltsignal frei reguliert werden kann, wird die erhöhte Ausgangsspannung der Batterie 12 so reguliert, daß sie geringfügig höher ist als die Ausgangsspannung der Brennstoffzelle 11.

[0064] Der Thyristor 16b der batterieentladungssteuerschaltung 16 verhindert, daß die Isolierung zwischen dem Emitter und dem Kollektor des IGBT 16a von der Gegen-EMK, die zwischen dem mittleren und dem Kollektor entsteht, wenn der IGBT 16a ausgeschaltet wird, zerstört wird.

[0065] Das Bezugszeichen 18 bezeichnet einen Stromsensor zur Messung eines Stroms, der durch einen relevanten Abschnitt der Schaltung fließt. Das Bezugszeichen 19 bezeichnet einen Thyristor, der als Diodenelement zur Verhinderung eines Stromflusses (elektrische Leistung) von der Last oder der Akkumulatorbatterie zur Brennstoffzelle dient.

[0066] Das Bezugszeichen 20 bezeichnet eine elektronische Hybridsteuereinheit, die eine Recheneinrichtung, z. B. eine CPU oder MPU, eine Speichereinheit, z. B. einen Halbleiterspeicher, und Eingangs/Ausgangsschnittstellen aufweist. Die elektronische Steuereinheit mißt Ströme und Spannungen an verschiedenen Stellen der Brennstoffzellenschaltung 10 und steuert Vorgänge der Batterieladesteuerschaltung 15 und der batterieentladungssteuerschaltung 16. Die elektronische Steuereinheit 20 ist mit anderen Sensoren, die im Fahrzeug vorgesehen sind, und mit anderen Steuereinheiten verbunden, z. B. mit einer Fahrzeugsteuereinheit 21, einer Brennstoffzellensteuereinheit 22 und einer Zündsteuereinheit 24, die später beschrieben werden, um mit ihnen in Verbindung zu treten, um den Betrieb der Brennstoffzellenschaltung 10 in Zusammenarbeit mit anderen Sensoren und anderen Einheiten umfassend zu steuern.

[0067] Die elektronische Steuereinheit 20 kann eine unabhängige Einheit oder ein Abschnitt einer anderen Steuereinheit sein, z. B. der Fahrzeugsteuereinheit 21.

[0068] Erfindungsgemäß weist die elektronische Steuereinheit 20 auf: zwei Eingangs/Ausgangsschnittstellen für die Stromsensoren 18, zwei Eingangs/Ausgangsschnittstellen zur Spannungsmessung, eine Eingangs/Ausgangsschnittstelle für die Batterieladesteuerschaltung 15, eine Eingangs/Ausgangsschnittstelle für die batterieentladungssteuerschaltung 16, eine Eingangs/Ausgangsschnittstelle für die Fahrzeugsteuereinheit 21, eine Eingangs/Ausgangsschnittstelle für die Brennstoffzellensteuereinheit 22 und eine Eingangs/Ausgangsschnittstelle für die Zündsteuereinheit 24. Die elektronische Steuereinheit 20 weist ferner eine Stromquellenschnittstelle auf, die mit einer Stromquellenbatterie 23 verbunden ist, die als Stromquelle dient.

[0069] Die Fahrzeugsteuereinheit 21 weist eine Recheneinheit, z. B. eine CPU oder MPU, eine Speichereinheit, z. B. einen Halbleiterspeicher, und Eingangs/Ausgangsschnittstellen auf. Die Fahrzeugsteuereinheit 21 ermittelt die Fahrzeuggeschwindigkeit, die Lufttemperatur, die Drosselklappenöffnung usw. und steuert den Betrieb des gesamten Fahrzeugs, einschließlich eines Getriebe- und Bremssys-

stems, umfassend. In einem normalen Fahrzeug wird die Drosselklappenöffnung durch Ermittlung eines Grades des Niederdrückens eines Gaspedals (Drosselklappenpedal) ermittelt. Wenn jedoch anstelle des Gaspedals ein anderer Typ einer Beschleunigungseinrichtung, z. B. ein Drehgasgriff, ein Steuerhebel, ein Steuergriff oder eine Drehwählscheibe, als Einrichtung zur Steuerung der Ausgangsleistung oder Geschwindigkeit des Fahrzeugs verwendet wird, wird die Drosselklappenöffnung auf der Grundlage des Betrags, um den diese bewegt werden, ermittelt.

[0070] Die Brennstoffzellensteuereinheit 22 weist eine Recheneinrichtung, z. B. eine CPU oder MPU, eine Speichereinrichtung, z. B. einen Halbleiterspeicher, und Eingangs/Ausgangsschnittstellen auf. Die Brennstoffzellensteuereinheit 22 ermittelt Durchflußraten von Wasserstoff, Sauerstoff, Luft usw., die an die Brennstoffzelle 11 geliefert werden, die Temperatur sowie die Ausgangsspannung der Brennstoffzelle 11 und steuert den Betrieb einer Vorrichtung zur Lieferung eines Brennstoffs und eines Oxidationsmittels an die Brennstoffzelle 11. Insbesondere steuert die Brennstoffzellensteuereinheit 22 den Betrieb einer Oxidationsmittelversorgungsquelle 32, eines Brennstoffdruckregelventils 26, eines Brennstoffversorgungsmagnetventils 27 und eines Brennstoffauslaßmagnetventils 28, das später beschrieben wird. Ferner steuert die Brennstoffzellensteuereinheit 22 den Betrieb der Vorrichtung zur Lieferung eines Brennstoffs und eines Oxidationsmittels an die Brennstoffzelle 11 im Zusammenwirken mit anderen Sensoren und anderen Steuereinheiten umfassend.

[0071] Die Stromquellenbatterie 23 ist eine Batterie, die nach Aufladung immer wieder entladen werden kann, z. B. ein Bleiakkumulatorbatterie, eine Nickel-Cadmiumakkumulatorbatterie, eine Nickel-Wasserstoffakkumulatorbatterie, eine Lithiumionenakkumulatorbatterie oder eine Natrium-Schwefelakkumulatorbatterie. Die Stromquellenbatterie 23 liefert Gleichstrom von 12 V an die elektronische Steuereinheit 20. Die Stromquellenbatterie 23 kann als Stromquelle für Zusatzvorrichtungen verwendet werden, z. B. für Radio, Fensterheber usw. des Fahrzeugs.

[0072] Die Zündsteuereinheit 24 ist geeignet, die Brennstoffzellenschaltung einzuschalten. Wenn der Fahrer eines Fahrzeugs den Zündschalter einschaltet, überträgt die Zündsteuereinheit 24 ein Signal vom Zündschalter zur elektronischen Steuerschaltung 20 und zu anderen Einheiten.

[0073] Fig. 7 zeigt eine Vorrichtung, die in der vorliegenden Ausführungsform verwendet wird, um an die Brennstoffzelle 11 Wasserstoffgas, das als Brennstoff dient, und Luft, die als Oxidationsmittel dient, zu liefern. Wasserstoffgas wird von einer Brennstoffspeichereinheit 31, z. B. einer Wasserstoffspeicherlegierung oder einem Wasserstoffgaszylinder, über eine Brennstoffversorgungsleitung 33 an die Brennstoffzelle 11 geliefert. Das Brennstoffdruckregelventil 26 und das Brennstoffversorgungsmagnetventil 27 sind in der Brennstoffversorgungsleitung 33 angeordnet. Die Brennstoffspeichereinheit 31 hat eine hinreichend große Kapazität und kann Wasserstoffgas mit hinreichend hohem Druck ständig liefern.

[0074] Das Brennstoffdruckregelventil 26 kann eine Drosselklappe, ein Regelventil, ein Membranventil, eine Massestromsteuereinrichtung oder ein Zuschaltventil oder irgendein anderes geeignetes Ventil sein, sofern das Ventil, das als Brennstoffdruckregelventil 26 gewählt wird, den Druck des Wasserstoffgases, der vom Ventil abgegeben wird, auf eine vorbestimmten Höhe regeln kann. Obwohl die Druckregulierung manuell durchgeführt werden kann, erfolgt sie bemerkenswerterweise vorzugsweise durch ein Stellglied, z. B. einen Elektromotor, einen Impulsmotor oder einen Elektromagneten. Das Brennstoffversorgungsmagnetventil

27 ist ein sogenanntes Schaltventil und wird durch ein Stellglied betrieben, z. B. durch einen Elektromotor, Impulsmotor oder Elektromagnet.

[0075] Das Wasserstoffgas, das von der Brennstoffzelle 11 abgegeben wird, wird über eine Brennstoffauslaßleitung 34 an die Atmosphäre abgegeben. Anstatt das Wasserstoffgas an die Atmosphäre abzugeben, kann es bemerkenswerterweise gesammelt und an die Brennstoffspeichereinheit 31 zurückbefördert werden. Das Brennstoffauslaßmagnetventil 28 ist in der Brennstoffauslaßleitung 34 angeordnet. Das Brennstoffauslaßmagnetventil 28 hat eine Konfiguration, die im wesentlichen mit der des Brennstoffauslaßmagnetventils 27 identisch ist.

[0076] Inzwischen wird Luft, die als Oxidationsmittel dient, von einer Oxidationsmittelversorgungsquelle 32, z. B. ein Luftversorgungslüfter oder ein Luftdruckzylinder, über eine Oxidationsmittelversorgungsleitung 35 an die Brennstoffzelle 11 geliefert. Anstelle von Luft kann Sauerstoff als Oxidationsmittel verwendet werden. Die Luft, die von der Brennstoffzelle 11 abgegeben wird, wird über eine Oxidationsmittelauslaßleitung 36 an die Atmosphäre abgegeben. Eine Ventileinrichtung ist weder in der Oxidationsmittelversorgungsleitung 35 noch in der Oxidationsmittelauslaßleitung 36 angeordnet. Eine Wasserstrahldüse zur Feuchtigkeitsversorgung des Festelektrolytfilm der Brennstoffzelle 11 kann in der Oxidationsmittelversorgungsleitung 35 vorhanden sein; und ein Kondensator zum Kondensieren und Entfernen der Feuchtigkeit, die in der Luft enthalten ist, die von der Brennstoffzelle 11 abgegeben wird, kann in der Oxidationsmittelauslaßleitung 36 vorhanden sein (siehe die offengelegte japanische Patentanmeldung 11-317 236).

[0077] Als nächstes wird der Betrieb der Brennstoffzellenvorrichtung mit der oben beschriebenen Konfiguration beschrieben.

[0078] Fig. 4 ist ein Diagramm, das die Kennlinie der Brennstoffzelle zeigt, die in der ersten Ausführungsform der Erfindung verwendet wird; und Fig. 5 ist ein Flußdiagramm, das ein Verfahren zur Steuerung der Brennstoffzellenvorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform der Erfindung zeigt. In Fig. 4 stellt die horizontale Achse den Strom (Einheit: A) und die vertikale Achse die Spannung (Einheit: V) und die Leistung (Einheit: kW) dar.

[0079] Hier nehmen wir an, daß Wasserstoffgas, das als Brennstoff dient, an die Brennstoffzelle 11 mit einer Soll-durchflußrate geliefert wird, und Luft, die als Oxidationsmittel dient, hinreichend an die Brennstoffzelle 11 geliefert wird; daß die Ionenaustauschfilme der Wasserstoff- und Lufterlektroden der Brennstoffzelle 11 hinreichend Feuchtigkeit enthalten; daß die Temperatur der Brennstoffzelle 11 hoch genug ist, um im Betriebstemperaturbereich zu liegen; und daß die Teile, die die Brennstoffzelle 11 bilden, mit der Zeit eine geringe Qualitätsminderung erleiden. Das heißt, die guten Bedingungen, die es ermöglichen, daß die Brennstoffzelle 11 den vorbestimmten größten erzeugbaren Strom und die größte Ausgangsleistung abgibt, werden ständig beibehalten.

[0080] In Fig. 4 bezeichnet das Bezugszeichen 41 eine Kurve, die die Spannungs-Strom-Kennlinie der Brennstoffzelle 11 darstellt. Die Kurve 41, die die Spannungs-Strom-Kennlinie der Brennstoffzelle 11 darstellt, fällt im allgemeinen rechts ab, was bedeutet, daß die Spannung sinkt, wenn der Strom steigt, wie bei einer normalen PEM-Brennstoffzelle. Die Neigung wird nach Durchgang durch einen Wendepunkt steil; d. h. wenn der Strom auf etwa 225 A gestiegen ist. Die Bereiche des Stroms und der Spannung, die von der Brennstoffzelle 11 abgegeben werden, werden aus der Kurve 41 bestimmt, die die Spannungs-Strom-Kennlinie der Brennstoffzelle 11 darstellt.

[0081] Die Kurve 41 zeigt, daß die Brennstoffzelle 11 stabil arbeitet, wenn der Strom nicht größer als 225 A ist. Da ferner eine Spannung, die 225 A entspricht, etwa 180 V ist, arbeitet die Brennstoffzelle 11 stabil, wenn die Spannung nicht kleiner als 180 V ist.

[0082] Inzwischen bezeichnet das Bezugszeichen 42 eine Kurve, die die Leistungs-Strom-Kennlinie der Brennstoffzelle 11 darstellt. Die Kurve 42, die die Leistungs-Strom-Kennlinie der Brennstoffzelle 11 darstellt, steigt im allgemeinen nach rechts an, was bedeutet, daß die Leistung mit dem Strom steigt. Nach dem Durchlaufen einer Spitze, d. h. wenn die Leistung 42 kW erreicht hat, fällt die Kurve nach rechts steil ab. Der Bereich der Leistung, die von der Brennstoffzelle 11 abgegeben wird, wird aus der Kurve 42 bestimmt, die die Leistungs-Strom-Kennlinie der Brennstoffzelle 11 darstellt.

[0083] Die Kurve 42, die die Brennstoffzelle 11 zeigt, ist stabil, wenn die Leistung nicht größer als 42 kW ist. Bemerkenswerterweise dient die Brennstoffzelle 11, wie oben beschrieben, als Stromquelle, deren Ausgangswiderstand fast null ist.

[0084] Daraus geht hervor, daß die Brennstoffzelle 11 bei einer Spannung von nicht kleiner als 180 V, einem Strom von nicht größer als 225 A und einer Leistung von nicht größer als 42 kW stabil betrieben werden kann. Deshalb wird in der vorliegenden Ausführungsform die Spannung von 180 V als die niedrigste erzeugbare Spannung der Brennstoffzelle 11 bezeichnet; der Strom von 225 A wird als der höchste erzeugbare Strom der Brennstoffzelle 11 bezeichnet; und die Leistung von 42 kW wird als die höchste Ausgangsleistung der Brennstoffzelle 11 bezeichnet.

[0085] Wie bei der normalen PEM-Brennstoffzelle wird der Ausgangsstrom der Brennstoffzelle 11 erhöht, um die Ausgangsleistung zu erhöhen, mit dem Ergebnis, daß die Ausgangsspannung sich entsprechend der Kurve 41 ändert. Damit beispielsweise die Brennstoffzelle 11 20 kW abgeben kann, wird der Ausgangsstrom auf etwa 70 A erhöht, so daß die Ausgangsspannung etwa 290 V ist und die Solleistung von 20 kW abgegeben wird.

[0086] Deshalb wird die Brennstoffzellenvorrichtung so betrieben, daß nur von der Brennstoffzelle 11 Strom geliefert wird, wenn der über den Umformer 13 an den Motor 14 zu liefernde Strom, d. h. der Sollstrom, kleiner als der höchste erzeugbare Strom der Brennstoffzelle 11 ist, während von der Batterie 12 und von der Brennstoffzelle 11 Strom geliefert wird, wenn der Sollstrom den höchsten erzeugbaren Strom überschreitet. Da die Leerlauf-Klemmenspannung der Batterie 12 210 V ist, wird erst dann Strom (elektrische Leistung) von der Batterie 12 geliefert, wenn der Sollstrom 200 A erreicht, was in der Kurve 41 210 V entspricht. In einem echten Fahrzeug weist der Sollstrom (elektrische Leistung) nicht nur den über den Umformer 13 an den Motor 14 zu liefernden Strom auf, sondern auch den Strom, der an die Fahrzeugzusatzvorrichtungen liefern ist, die elektrisch angetriebene Teile sind, die im Fahrzeug angeordnet sind, z. B. Scheibenwischer und Stereoanlage, und der Strom, der an die Brennstoffzellenzusatzvorrichtungen zu liefern ist, die elektronisch angetriebene Teile zum Betrieb der Brennstoffzelle sind, z. B. Luftversorgungsblüfer und Ventile.

[0087] Wenn die Ausgangsspannung der Batterie 12 durch eine Spannungserhöhungsschaltung auf die Klemmenspannung der Brennstoffzelle 11 erhöht wird, kann die elektrische Leistung bemerkenswerterweise tatsächlich von der Batterie 12 geliefert werden.

[0088] Wenn, wie aus der Kurve 41 hervorgeht, der Sollstrom 200 A erreicht, entspricht die Klemmenspannung der Brennstoffzelle 11 der Leerlauf-Klemmenspannung der Bat-

terie 12; d. h. 210 V. Wenn der Strom 200 A überschreitet, wird daher auch von der Batterie 12 elektrische Leistung geliefert.

[0089] Wenn der Sollstrom den höchsten erzeugbaren Strom, d. h. 225 A, überschreitet, liefert die Brennstoffzelle 11 den höchsten erzeugbaren Strom, und die Batterie 12 liefert die Differenz zwischen dem Sollstrom und dem höchsten erzeugbaren Strom.

[0090] Ferner wird die Brennstoffzellenvorrichtung folgendermaßen betrieben. Wenn die über den Umformer 13 an den Motor 14 gelieferte elektrische Leistung, d. h. die Solleistung, kleiner ist als die höchste Ausgangsleistung der Brennstoffzelle 11, wird die elektrische Leistung nur von der Brennstoffzelle 11 geliefert. Wenn die elektrische Solleistung die höchste Ausgangsleistung überschreitet, wird zusätzlich zu der elektrischen Leistung von der Brennstoffzelle 11 elektrische Leistung von der Batterie 12 geliefert, die der Differenz zwischen der elektrischen Solleistung und der höchsten Ausgangsleistung entspricht. In einem echten Fahrzeug weist die elektrische Solleistung nicht nur die über den Umformer 13 an den Motor 14 zu liefernde elektrische Leistung auf, sondern auch die an die Fahrzeugzusatzvorrichtungen und die Brennstoffzellenzusatzvorrichtungen zu liefernde elektrische Leistung.

[0091] In der vorliegenden Ausführungsform wird die Kennlinie der Brennstoffzelle 11, wie in Fig. 4 gezeigt, vorher in der Speichereinrichtung der elektronischen Steuereinheit 20 gespeichert. Auf der Grundlage von Signalen, die von der Fahrzeugsteuereinheit 21 übertragen werden, und die die Fahrzeuggeschwindigkeit, die Drosselklappenöffnung usw. darstellen, wird die an den Motor 14 zu liefernde Solleistung durch die Berechnungseinrichtung berechnet, und der Sollstrom entsprechend der Solleistung wird auf der Grundlage der Kennlinie der Brennstoffzelle 11 bestimmt, die in Fig. 4 gezeigt.

[0092] Inzwischen wird die Fahrbetriebsart des Fahrzeugs ermittelt und die Erzeugung eines Regenerativstroms (elektrische Leistung) wird auf der Grundlage der ermittelten Fahrbetriebsart vorhergesagt. Wenn die Erzeugung eines Regenerativstroms (elektrische Leistung) erwartet wird, werden die Ausgangsströme (Ausgangsleistungen) der Brennstoffzelle 11 und der Batterie 12 auf der Grundlage der Kennlinie der Brennstoffzelle 11 gesteuert, wie in Fig. 4 gezeigt, damit der Regenerativstrom (elektrische Leistung) in die Batterie 12 geladen werden kann.

[0093] Nachstehend wird der grundlegende Betrieb der Brennstoffzellenvorrichtung 10, der auf der Grundlage der Kennlinie der Brennstoffzelle 11 abläuft, wie in Fig. 4 gezeigt, beschrieben.

[0094] Wenn der Sollstrom nicht größer ist als 200 A und nur von der Brennstoffzelle 11 Strom geliefert wird, werden der IGBT 15a der Batterieładesteuerschaltung 15 und der IGBT 16a der Batterieentładesteuerschaltung 16 jeweils in einen Aus-Zustand versetzt.

[0095] Da in diesem Fall Wasserstoffgas, das als Brennstoff dient, und Luft, die als Oxidationsmittel dient, ständig hinreichend an die Brennstoffzelle 11 geliefert wird, auch dann, wenn der Sollstrom (elektrische Leistung) sich ändert, wird Strom (elektrische Leistung) entsprechend dem Sollstrom (elektrische Leistung) von der Brennstoffzelle 11 automatisch geliefert. Demzufolge muß der Ausgangsstrom (elektrische Leistung) der Brennstoffzelle 11 nicht entsprechend der Änderung des Sollstroms (elektrische Solleistung) gesteuert werden. Bemerkenswerterweise wird der von der Brennstoffzelle 11 gelieferte Strom durch den Stromsensor 18 gemessen, und die elektronische Steuereinheit 20 entscheidet ständig, ob der Strom nicht größer als 200 A ist. Die von der Brennstoffzelle 11 abgegebene Span-

nung wird auch ständig von der elektronischen Steuereinheit 20 ermittelt.

[0096] Wenn der IGBT 16a der Batterieentladungssteuerschaltung 16 im Aus-Zustand gehalten wird, auch nachdem der Sollstrom oder der vom Stromsensor 18 gemessene Strom 200 A überschritten hat, steigt der von der Batterie 12 gelieferte Strom nicht sehr an.

[0097] Um Strom (elektrische Leistung) tatsächlich auch von der Batterie 12 zu liefern, schaltet die elektronische Steuereinheit 20 den IGBT 16a der Batterieentladungssteuerschaltung 16 durch ein Schaltsignal mit einer vorbestimmten Frequenz (z. B. 20 kHz) ein und aus. Wenn der IGBT 16a eingeschaltet ist, fließt von der Batterie 12 abgegebener Gleichstrom durch die Spule 17, so daß in der Spule 17 Energie gespeichert wird. Wenn der IGBT 16a ausgeschaltet ist, wird der Ausgangsspannung der Batterie 12 eine Spannung entsprechend der in der Spule 17 gespeicherten Energie hinzugefügt, so daß die erhöhte Ausgangsspannung im wesentlichen der Ausgangsspannung der Brennstoffzelle 11 entspricht.

[0098] Ein Strom, der der Differenz zwischen dem Sollstrom und dem von der Brennstoffzelle 11 gelieferten Strom entspricht, wird von der Batterie 12 über den Umformer 13 an den Motor 14 geliefert. Der von der Batterie 12 gelieferte Strom wird vom entsprechenden Stromsensor 18 gemessen und von der elektronischen Steuereinheit 20 geprüft.

[0099] Als nächstes wird der grundlegende Betrieb der Brennstoffzellenschaltung 10 zu der Zeit, wo die Batterie 12 aufgrund der Verringerung des SOC (Ladezustand; d. h. Restkapazität) der Batterie 12 geladen wird, beschrieben.

[0100] Wenn das Fahrzeug bremst, fungiert der Motor 14 als Generator, um einen Regenerativwechselstrom zu erzeugen. Der Regenerativwechselstrom wird vom Umformer 13 in einen Regenerativgleichstrom umgewandelt. Dabei schaltet die elektronische Steuereinheit 20 den IGBT 15a der Batterieladesteuerschaltung 15 durch ein Schaltsignal ein. Dadurch wird der Regenerativgleichstrom über den IGBT 15a an die Batterie 12 geliefert, um die Batterie 12 zu laden.

[0101] Der Regenerativstrom wird vom entsprechenden Stromsensor 18 gemessen und von der elektronischen Steuereinheit 20 ständig geprüft. Ferner wird die Spannung der Batterie 12 ebenfalls von der elektronischen Steuereinheit 20 ständig geprüft. Wenn der SOC der Batterie 12 hinreichend größer wird, wird der IGBT 15a ausgeschaltet. Wenn der Regenerativstrom übermäßig groß wird, wird der IGBT 15a durch ein Schaltsignal mit einer vorbestimmten Frequenz ein- und ausgeschaltet, um den Stromfluß durch den IGBT 15a zu steuern.

[0102] Deshalb erfolgt keine Aufladung, wenn der SOC der Batterie 12 hinreichend hoch ist, und es wird kein übermäßig hoher Strom an die Batterie 12 geliefert. Es wird also verhindert, daß die Batterie 12 durch übermäßige Aufladung zerstört wird.

[0103] Wenn die Batterie 12 eine Aufladung infolge einer Verringerung des SOC der Batterie 12 erfordert und kein Regenerativstrom (elektrische Regenerativleistung) erzeugt wird, wird von der Brennstoffzelle 11 Strom (elektrische Leistung) geliefert, um die Batterie 12 zu laden. Dabei schaltet die elektronische Steuereinheit 20 den IGBT 15a der Batterieladesteuerschaltung 15 durch ein Schaltsignal ein. Dadurch wird der Regenerativgleichstrom über den IGBT 15a an die Batterie 12 geliefert, um die Batterie 12 zu laden.

[0104] Bemerkenswerterweise werden der Strom, der von der Brennstoffzelle 11 abgegeben wird, und der Strom, der an die Batterie 12 geliefert wird, von den Stromsensoren 18 gemessen und von der elektronischen Steuereinheit 20 ständig geprüft. Ferner wird auch die Spannung der Batterie 12

von der elektronischen Steuereinheit 20 ständig geprüft. Der IGBT 15a wird ausgeschaltet, wenn der SOC der Batterie 12 hinreichend steigt, wenn der von der Brennstoffzelle 11 gelieferte Strom 200 A erreicht oder wenn der an den Motor 14 zu liefernde Strom hoch ist. Wenn der an die Batterie 12 gelieferte Strom übermäßig hoch ist, wird der IGBT 15a durch ein Schaltsignal mit einer vorbestimmten Frequenz ein- und ausgeschaltet, um den Stromfluß durch den IGBT 15a zu steuern.

[0105] Daher erfolgt keine Aufladung, wenn der SOC der Batterie 12 hinreichend hoch ist, und es wird kein übermäßig hoher Strom an die Batterie 12 geliefert. Es wird also verhindert, daß die Batterie 12 infolge einer zu hohen Aufladung zerstört wird. Ferner liegt an der Brennstoffzelle 11 keine übermäßig hohe Last an, und der Fall, wo der Sollstrom nicht geliefert werden kann, kann vermieden werden.

[0106] Als nächstes wird im einzelnen ein Verfahren zur Steuerung der Brennstoffzellenvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung so beschrieben, daß die Last, die an der Brennstoffzelle 11 anliegt, in einem vorbestimmten Bereich gehalten wird. In der vorliegenden Ausführungsform wird die höchste Ausgangsleistung der Brennstoffzelle 11 als Referenz verwendet, die verwendet wird, um die Last, die an der Brennstoffzelle 11 anliegt, in dem vorbestimmten Bereich zu halten.

[0107] Zuerst ermittelt die Fahrzeugsteuereinheit 21 die Fahrzeuggeschwindigkeit und die Drosselklappenöffnung, d. h. den Grad des Niederdrückens des Gaspedals des Fahrzeugs durch den Fahrer, und überträgt diese an die elektronische Steuereinheit 20. Als Antwort darauf berechnet die elektronische Steuereinheit 20 die Fahrzeugsolleistung, d. h. die vom Motor zu erzeugende Ausgangsleistung, auf der Grundlage der Fahrzeuggeschwindigkeit und der Drosselklappenöffnung (Schritt S1).

[0108] Danach entscheidet die elektronische Steuereinheit 20, ob die Fahrzeugsolleistung kleiner ist als die höchste Ausgangsleistung der Brennstoffzelle 11 (Schritt S2). Wenn die Fahrzeugsolleistung kleiner ist als die höchste Ausgangsleistung, beendet die elektronische Steuereinheit 20 die Steuerung.

[0109] Wenn die Fahrzeugsolleistung kleiner ist als die höchste Ausgangsleistung, berechnet die elektronische Steuereinheit 20 die Differenz zwischen der Fahrzeugsolleistung und der höchsten Ausgangsleistung der Brennstoffzelle 11 als Ausgangsleistungshöhe der Batterie 12 (Schritt S3). Danach schaltet die elektronische Steuereinheit 20 den IGBT 16a der Batterieentladungssteuerschaltung 16 durch ein Schaltsignal mit einer vorbestimmten Frequenz ein und aus, um die Ausgangsleistungshöhe zu erreichen (Schritt S4). Danach beendet die elektronische Steuereinheit 20 die Steuerung.

[0110] Wenn, wie oben beschrieben, in der vorliegenden Ausführungsform die Fahrzeugsolleistung die höchste Ausgangsleistung der Brennstoffzelle 11 überschreitet, wird die Differenz zwischen der Fahrzeugsolleistung und der höchsten Ausgangsleistung der Brennstoffzelle 11 berechnet, und die Steuerung erfolgt so, daß die Batterie 12 Strom entsprechend der Differenz abgibt.

[0111] Da die oben beschriebene Steuerung durch die Leistungsfähigkeit der Vorwärtsregelung der Ausgangsleistung der Batterie 12 realisiert wird, wird eine schnelle Reaktion erreicht, und die Brennstoffzellenvorrichtung kann mit hoher Geschwindigkeit so gesteuert werden, daß die Brennstoffzelle 11 in einem stabilen Bereich arbeitet.

[0112] Als nächstes wird eine zweite Ausführungsform der Erfindung beschrieben. Beschreibungen der Komponenten mit den gleichen Strukturen wie die in der ersten Ausführungsform werden weggelassen, wie auch Beschreibungen

gen der gleichen Vorgänge wie in der ersten Ausführungsform.

[0113] Fig. 6 ist ein Flußdiagramm, das ein Verfahren zur Steuerung einer Brennstoffzellenvorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung zeigt.

[0114] Die vorliegende Ausführungsform unterscheidet sich von der ersten Ausführungsform insofern, als anstelle der höchsten Ausgangsleistung der Brennstoffzelle 11 die niedrigste erzeugbare Spannung der Brennstoffzelle 11 als Referenz verwendet wird, die verwendet wird, um die Last, die an der Brennstoffzelle 11 anliegt, in dem vorbestimmten Bereich zu halten.

[0115] Zuerst mißt die elektronische Steuereinheit 20 die Klemmenspannung oder Ausgangsspannung der Brennstoffzelle 11 (Schritt S6) und entscheidet, ob die gemessene Ausgangsspannung größer ist als die niedrigste erzeugbare Spannung der Brennstoffzelle 11 (Schritt S7). Wenn die gemessene Ausgangsspannung größer ist als die niedrigste erzeugbare Spannung, entscheidet die elektronische Steuereinheit 20, ob die gemessene Spannung größer ist als die Summe aus der niedrigsten erzeugbaren Spannung und einem vorbestimmten Wert α (Schritt S8). Wenn die gemessene Ausgangsspannung kleiner ist als die Summe, beendet die elektronische Steuereinheit 20 die Steuerung.

[0116] Wenn im Schritt S7 entschieden wird, daß die Ausgangsspannung nicht größer ist als die niedrigste erzeugbare Spannung, schaltet die elektronische Steuereinheit 20 den IGBT 16a der Batterieentladungssteuerschaltung 16 durch ein Schaltsignal mit einer vorbestimmten Frequenz ein und aus, um die Ausgangsleistung der Batterie 12 zu erhöhen (Schritt S9), und kehrt dann zum Schritt S7 zurück, um wiederum zu entscheiden, ob die Ausgangsspannung größer ist als die niedrigste erzeugbare Spannung.

[0117] Wenn im Schritt S8 entschieden wird, daß die Ausgangsspannung nicht kleiner ist als die Summe aus der niedrigsten erzeugbaren Spannung und dem Wert α , schaltet die elektronische Steuereinheit 20 den IGBT 16a der Batterieentladungssteuerschaltung 16 aus, um die Ausgangsleistung der Batterie 12 abzuschalten (Schritt S10), und beendet dann die Steuerung.

[0118] In der vorliegenden Ausführungsform wird die Ausgangsspannung der Brennstoffzelle 11 gemessen, und die Ausgangsspannung der Batterie 12 wird so gesteuert, daß die gemessene Ausgangsspannung nicht kleiner wird als die niedrigste erzeugbare Spannung. Die vorliegende Ausführungsform kann jedoch so modifiziert werden, daß der Ausgangsstrom der Brennstoffzelle 11 gemessen wird und der Ausgangsleistung der Batterie 12 so gesteuert wird, daß der gemessene Ausgangsstrom nicht größer wird als der höchste erzeugbare Strom. Als Alternative kann die vorliegende Ausführungsform so modifiziert werden, daß die Ausgangsleistung der Brennstoffzelle 11 gemessen wird und die Ausgangsleistung der Batterie 12 so gesteuert wird, daß die gemessene Ausgangsleistung nicht größer wird als die höchste Ausgangsleistung.

[0119] Wie oben beschrieben, wird in der vorliegenden Ausführungsform die Ausgangsspannung, der Ausgangsstrom oder die Ausgangsleistung der Brennstoffzelle 11 gemessen, und die Ausgangsleistung der Batterie 12 wird so gesteuert, daß der gemessene Wert in einen Bereich fällt, in dem die Brennstoffzelle 11 stabil arbeitet.

[0120] Da die oben beschriebene Steuerung auf der Grundlage einer Rückkopplung der Ausgangsleistung (elektrische Leistung) der Brennstoffzelle 11 erfolgt, kann die Sollleistung zuverlässig geliefert werden.

[0121] Als nächstes wird eine dritte Ausführungsform der Erfindung beschrieben. Beschreibungen der Komponenten mit den gleichen Strukturen wie die der ersten oder zweiten

Ausführungsform sind weggelassen, ebenso Beschreibungen der gleichen Vorgänge wie in der ersten und zweiten Ausführungsform.

[0122] Als nächstes wird der Betrieb der Vorrichtung in Fig. 7 beschrieben, die geeignet ist, an die Brennstoffzelle 11 Wasserstoff, der als Brennstoff dient, und Luft, die als Oxidationsmittel dient, zu liefern.

[0123] Die vorliegende Ausführungsform unterscheidet sich von der ersten und zweiten Ausführungsform in bezug auf die Vorrichtung zur Lieferung von Wasserstoffgas an die Brennstoffzelle 11 und deren Betrieb. Zuerst wird ein Druck des an die Brennstoffzelle 11 gelieferten Wasserstoffgases bestimmt, den die Brennstoffzelle 11 benötigt, um die höchste Leistung abzugeben. Wenn die Durchflußrate des gelieferten Wasserstoffgases kleiner wird als die Durchflußrate, die die Brennstoffzelle 11 erfordert, um die höchste Leistung abzugeben, bewirken der Kohlenstoff oder andere Komponenten, die in den Teilen enthalten sind, die die Brennstoffzelle 11 bilden, eine Reaktion mit dem Ergebnis, daß die Brennstoffzelle 11 durchbrennt. Deshalb muß Wasserstoffgas an die Brennstoffzelle 11 mit einer hinreichend hohen Durchflußrate geliefert werden, um eine Reaktion des Kohlenstoffs oder anderer Komponenten, die in den Teilen enthalten sind, zu verhindern. Die Ergebnisse verschiedener Experimente zeigen, daß, wenn in der Brennstoffzelle 11 in der vorliegenden Ausführungsform der Druck des an mehrere Rillen von nicht dargestellten Brennstoffelektroden (Wasserstoffelektroden) der Brennstoffzelle 11 gelieferten Wasserstoffgases auf 0,5 kp/cm² oder mehr gehalten wird, man davon ausgehen kann, daß Wasserstoffgas an die Brennstoffzelle mit einer hinreichend hohen Durchflußrate geliefert wird, um eine Reaktion des Kohlenstoffs oder anderer Komponenten, die in den Teilen enthalten sind, zu verhindern.

[0124] Angesichts dieser Tatsache wird in der vorliegenden Ausführungsform durch ein Experiment, eine Simulation oder irgendein anderes geeignetes Verfahren ein Druck des Wasserstoffgases, das durch Brennstoffversorgungsleitung 33 strömt, vorher auf eine bestimmte Höhe eingestellt, so daß der Druck des Wasserstoffgases, das an mehrere Rillen der Brennstoffelektroden geliefert wird, 0,5 kp/cm² oder größer wird, wenn die Brennstoffzelle 11 die höchste Leistung abgibt. Das Brennstoffdruckregelventil 26 wird so eingestellt, daß der Druck des Wasserstoffgases, das aus der Brennstoffspeichereinheit 31 in die Brennstoffversorgungsleitung 33 strömt, gemessen am Ausgang des Brennstoffdruckregelventils 26, den eingestellten Druck erreicht. Wenn der Druck des Wasserstoffgases, das an mehrere Rillen der Brennstoffelektroden geliefert wird, übermäßig hoch ist, können Elektrolytfilme oder andere Teile beschädigt werden. Deshalb wird der Druck vorzugsweise nicht übermäßig hoch eingestellt.

[0125] Wenn in der vorliegenden Ausführungsform das Brennstoffdruckregelventil 26 so reguliert wird, daß der Druck des Wasserstoffgases, das aus dem Ausgang des Brennstoffdruckregelventils 26 strömt, eine vorher eingestellte konstante Höhe erreicht, wird das Brennstoffdruckregelventil 26 nicht reguliert und so belassen, wie es während des Betriebs des Fahrzeugs ist.

[0126] Die Oxidationsmittelversorgungsquelle 32 liefert kontinuierlich Luft mit einer konstanten Durchflußrate an die Lufterlektroden der Brennstoffzelle 11. Dabei ist die Durchflußrate der gelieferten Luft hinreichend höher eingestellt als die Durchflußrate der Luft, die die Brennstoffzelle 11 erfordert, um die höchste Leistung abzugeben.

[0127] Wenn die Brennstoffzelle 11 eingeschaltet wird, wird zunächst das Brennstoffauslaßmagnetventil 28 eingeschaltet, um den Stromweg zu öffnen. Infolgedessen können

das Wasserstoffgas, das in der Brennstoffzelle 11 bleibt, und die Luft, die in die Brennstoffzelle 11 eingetreten ist, über die Brennstoffauslaßleitung 34 abgelassen werden. Danach wird das Brennstoffversorgungsmagnetventil 27 eingeschaltet, um Wasserstoffgas aus der Brennstoffspeichereinheit 31 über die Brennstoffversorgungsleitung 33 an die Brennstoffzelle 11 zu liefern. Da das Brennstoffauslaßmagnetventil 28 im eingeschalteten Zustand ist, während der Stromweg geöffnet ist, erhöht sich dabei der Druck in den mehreren Rillen der Brennstoffelektroden nicht abrupt. Deshalb werden die Elektrolytfilme und andere Teile nicht beschädigt. Auf diese Weise werden das Wasserstoffgas, das in der Brennstoffzelle 11 verbleibt, und die Luft, die in die Brennstoffzelle 11 eingetreten ist, von dem gelieferten Wasserstoffgas ausgespült (siehe JP-A-11-317 236).

[0128] Wenn danach die Brennstoffzelle 11 in einen stabilen Betrieb eintritt, wird das Brennstoffauslaßmagnetventil 28 wiederholt ein- und ausgeschaltet. Beispielsweise wiederholt das Brennstoffauslaßmagnetventil 28 einen Zyklus, der beispielsweise aus einer Einschaltperiode von 2 s und einer Ausschaltperiode von 58 s besteht. Inzwischen behält das Brennstoffversorgungsmagnetventil 27 einen Einschaltzustand bei.

[0129] Wie oben beschrieben, wird in der vorliegenden Ausführungsform der Druck des Wasserstoffgases, das an die Brennstoffzelle 11 geliefert wird, auf eine Höhe eingestellt, die einer Durchflußmenge des Wasserstoffgases entspricht, die die Brennstoffzelle 11 erfordert, um die höchste Leistung abzugeben. Deshalb kann die Durchflußrate des Wasserstoffgases, das an die Brennstoffzelle 11 geliefert wird, auf eine ordnungsgemäße Höhe gesteuert werden, so daß eine Beschädigung der Brennstoffzelle 11 verhindert wird und eine stabile elektrische Ausgangsleistung der Brennstoffzelle 11 ermöglicht wird.

[0130] Da die Durchflußrate des Wasserstoffgases durch Ein/Ausschalten des Brennstoffversorgungsmagnetventils 27 und des Brennstoffauslaßmagnetventils 28 gesteuert werden kann, kann die Struktur der Brennstoffzellenvorrichtung vereinfacht und der Kostenaufwand reduziert werden.

Patentansprüche

1. Brennstoffzellenvorrichtung mit:
einer Brennstoffzelle, die mit einer Last verbunden ist;
einem Stromspeicher, der über eine Spannungserhöhungsschaltung mit der Last verbunden ist, wobei der Stromspeicher elektrische Leistung an die Last liefert und durch elektrische Regenerativleistung, die in der Last erzeugt wird, und elektrische Leistung, die von der Brennstoffzelle abgegeben wird, geladen wird; und
einer Steuerschaltung, wobei, wenn die elektrische Leistung, die die Last erfordert, größer ist als eine vorbestimmte elektrische Leistung, die die Brennstoffzelle liefert, die Steuerschaltung bewirkt, daß der Stromspeicher über die Spannungserhöhungsschaltung elektrische Leistung abgibt, die einer Differenz zwischen der elektrischen Leistung, die die Last erfordert, und der vorbestimmten elektrischen Leistung entspricht, um zu verhindern, daß die Brennstoffzelle eine elektrische Leistung liefert, die größer ist als die vorbestimmte elektrische Leistung.
2. Brennstoffzellenvorrichtung mit einer Brennstoffzelle, die mit einer Last verbunden ist, und mit einer Stromspeicherschaltung, die mit der Brennstoffzelle parallelgeschaltet ist, wobei die Stromspeicherschaltung aufweist:
einen Stromspeicher;
eine Spannungserhöhungsschaltung zur Erhöhung der

Spannung, die von dem Stromspeicher abgegeben wird, und zur Lieferung einer erhöhten Spannung an die Last;

eine Ladeschaltung zur Lieferung einer elektrischen Leistung, die von der Brennstoffzelle abgegeben wird, an den Stromspeicher, um den Stromspeicher zu laden; und

einen Fahrzustandsdetektor zum Ermitteln eines Fahrzustands eines Fahrzeugs, wobei

die Spannungserhöhungsschaltung und die Ladeschaltung entsprechend dem Fahrzustand des Fahrzeugs, wie von dem Fahrzustandsdetektor ermittelt, selektiv betrieben werden und die Spannungserhöhungsschaltung so betrieben wird, daß die Brennstoffzelle elektrische Leistung in einem vorbestimmten Bereich abgibt.

3. Brennstoffzellenvorrichtung mit einer Brennstoffzelle, die mit einer Last verbunden ist, einer Stromspeicherschaltung, die mit der Brennstoffzelle parallelgeschaltet ist, und einem Diodenelement zur Verhinderung der Lieferung einer elektrischen Leistung von der Last oder der Stromspeicherschaltung an die Brennstoffzelle, wobei die Stromspeicherschaltung aufweist: ein Schaltelement zum Laden und ein Schaltelement zur Spannungserhöhung, die in Reihe geschaltet sind; einen Stromspeicher, der mit dem Schaltelement zur Spannungserhöhung über eine Spule parallelgeschaltet ist; und

einen Fahrzustandsdetektor zum Ermitteln eines Fahrzustands eines Fahrzeugs, wobei

das Schaltelement zur Spannungserhöhung und das Schaltelement zum Laden entsprechend dem Fahrzustand des Fahrzeugs, wie von dem Fahrzustandsdetektor ermittelt, selektiv betrieben werden und das Schaltelement zur Spannungserhöhung so betrieben wird, daß die Brennstoffzelle elektrische Leistung in einem vorbestimmten Bereich abgibt.

4. Brennstoffzellenvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Last eine Antriebssteuereinheit für einen Antriebsmotor ist, der das Fahrzeug antreibt.

5. Brennstoffzellenvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Brennstoffzelle Elektrizität so abgibt, daß eine Ausgangsspannung nicht kleiner wird als die niedrigste erzeugbare Spannung, ein Ausgangsstrom nicht den höchsten erzeugbaren Strom überschreitet und eine Ausgangsleistung nicht die höchste Ausgangsleistung überschreitet.

6. Brennstoffzellenvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Stromspeicher Elektrizität abgibt, wenn die elektrische Leistung, die die Last erfordert, die höchste Ausgangsleistung der Brennstoffzelle überschreitet.

7. Brennstoffzellenvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Stromspeicher Elektrizität abgibt, wenn die Ausgangsspannung der Brennstoffzelle kleiner wird als die niedrigste erzeugbare Spannung, wenn ein Ausgangsstrom der Brennstoffzelle den höchsten erzeugbaren Strom überschreitet oder wenn eine Ausgangsleistung der Brennstoffzelle die höchste Ausgangsleistung überschreitet.

8. Brennstoffzellenvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei Brenngas von einer Brennstoffspeichereinheit mit konstantem Druck an die Brennstoffzelle geliefert wird.

9. Brennstoffzellenvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Brennstoffzellenvorrichtung ferner eine Brennstoffversorgungsanordnung zum Liefern von Brenngas an die Brennstoffzelle aufweist,

wobei die Brennstoffversorgungsvorrichtung eine Brennstoffspeichereinheit, eine Versorgungsleitung, die sich von der Brennstoffspeichereinheit bis zu der Brennstoffzelle erstreckt, und ein Ventil, das in der Leitung angeordnet ist, aufweist, wobei das Ventil so betrieben wird, daß das Brenngas mit konstantem Druck an die Brennstoffzelle geliefert wird. 5

10. Brennstoffzellenvorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, wobei das Brenngas so geliefert wird, daß der Druck des Brenngases in Rillen der Brennstoffelektroden der Brennstoffzelle konstant wird. 10

11. Brennstoffzellenvorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, wobei die Leitung eine Brennstoffversorgungsleitung und eine Brennstoffauslaßleitung aufweist; ein Brennstoffversorgungsmagnetventil in der Brennstoffversorgungsleitung angeordnet ist; und ein Brennstoffauslaßmagnetventil in der Brennstoffauslaßleitung angeordnet ist, wobei das Brennstoffversorgungsmagnetventil und das Brennstoffauslaßmagnetventil ein- und ausgeschaltet werden, um den Druck des Brenngases zu regulieren. 15 20

12. Brennstoffzellenvorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, wobei das Druckregelventil in der Leitung angeordnet ist und betrieben wird, um den Druck des Brenngases zu regulieren. 25

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

30

35

40

45

50

55

60

65

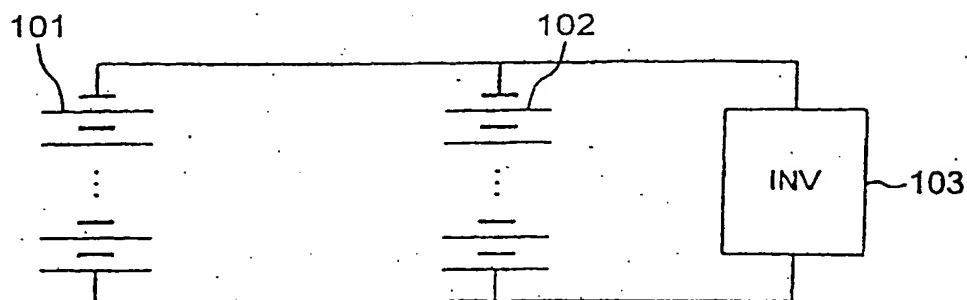


Fig. 1

Fig. 3

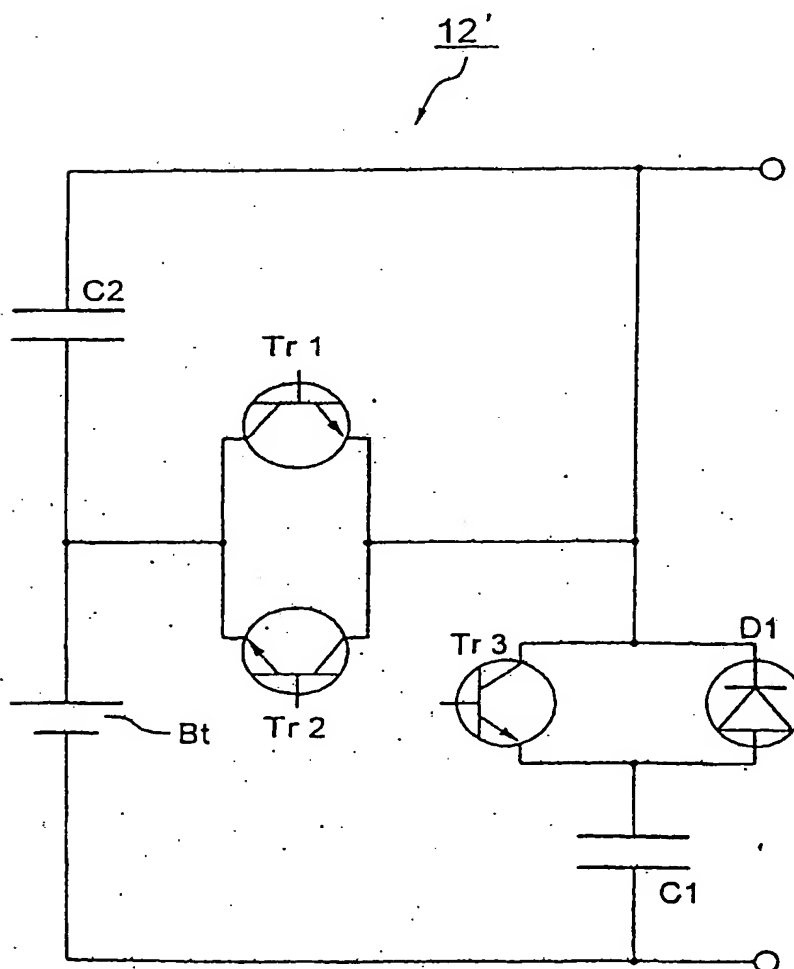


Fig. 2

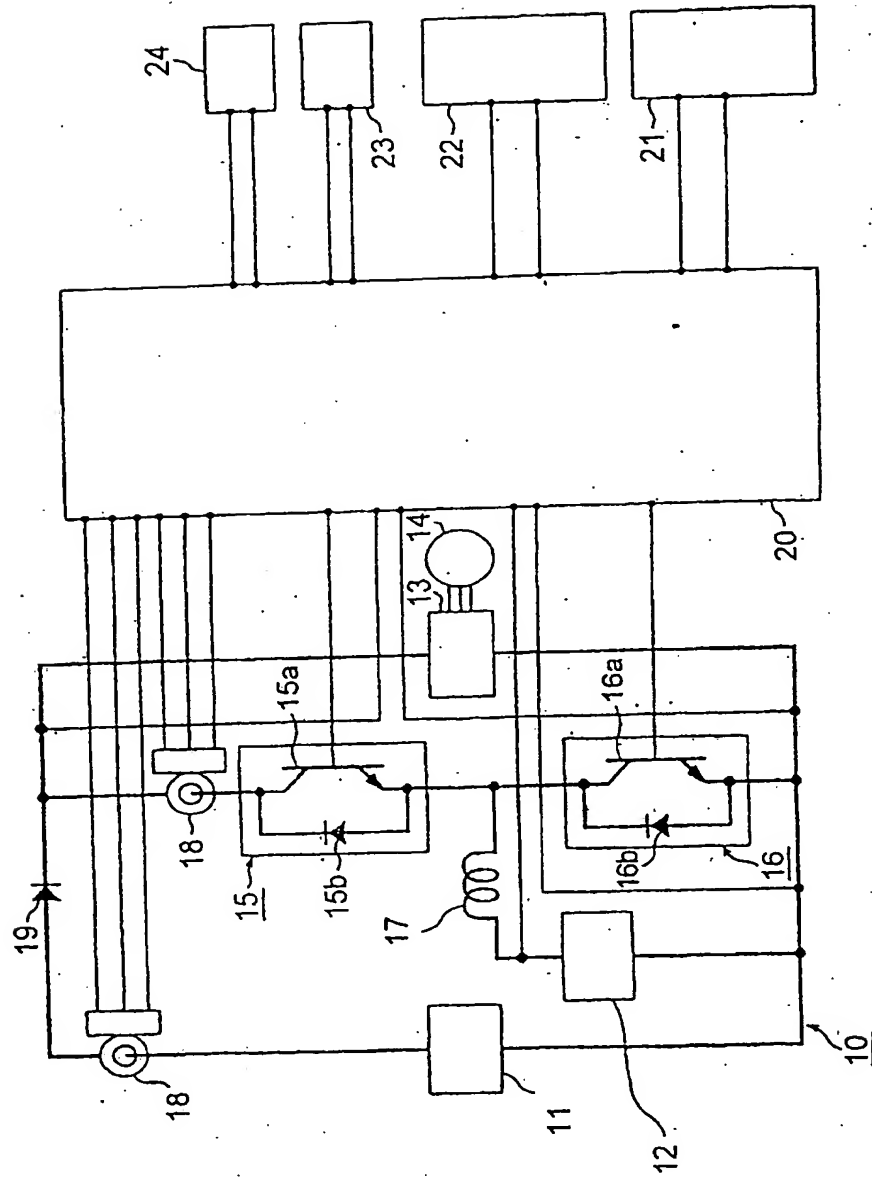


Fig. 4

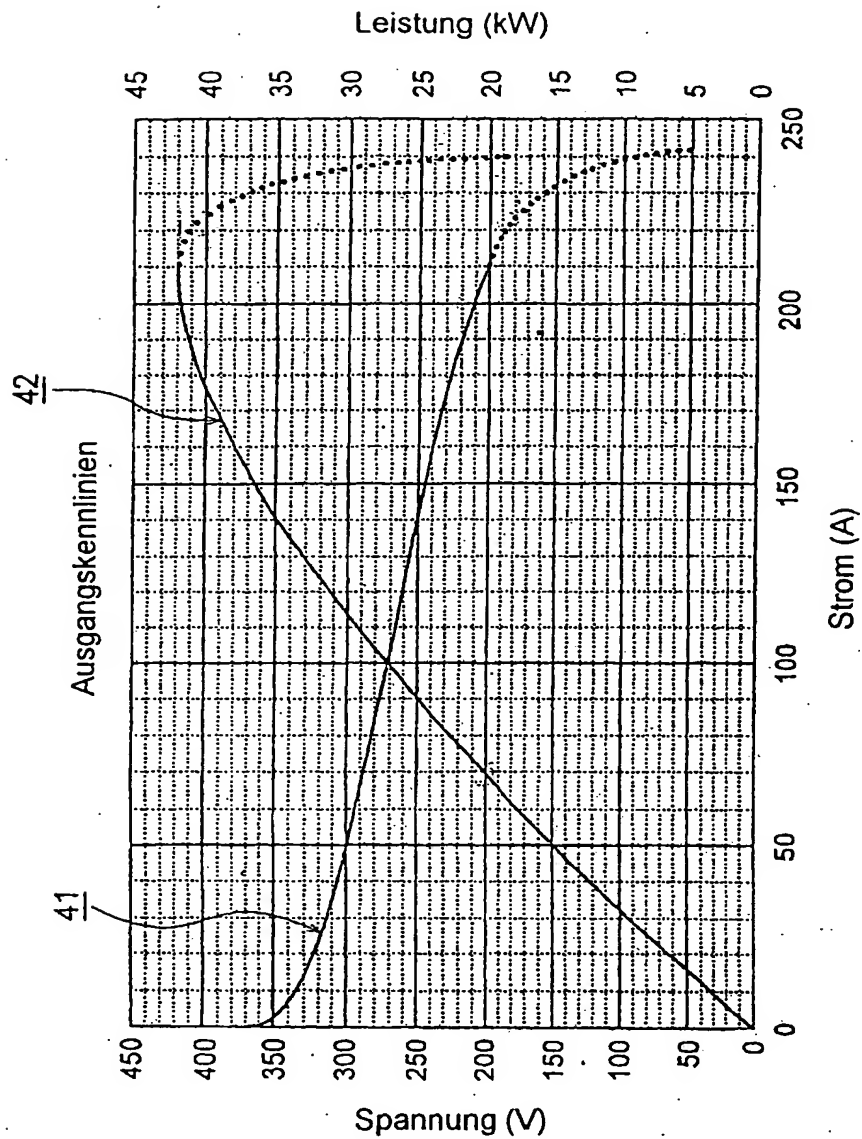


Fig. 5

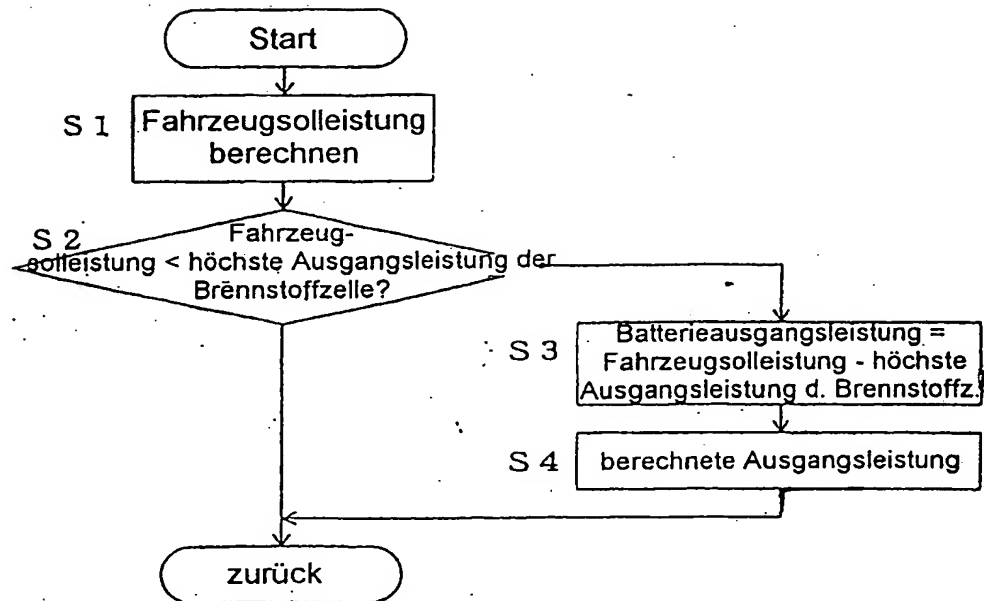


Fig. 6

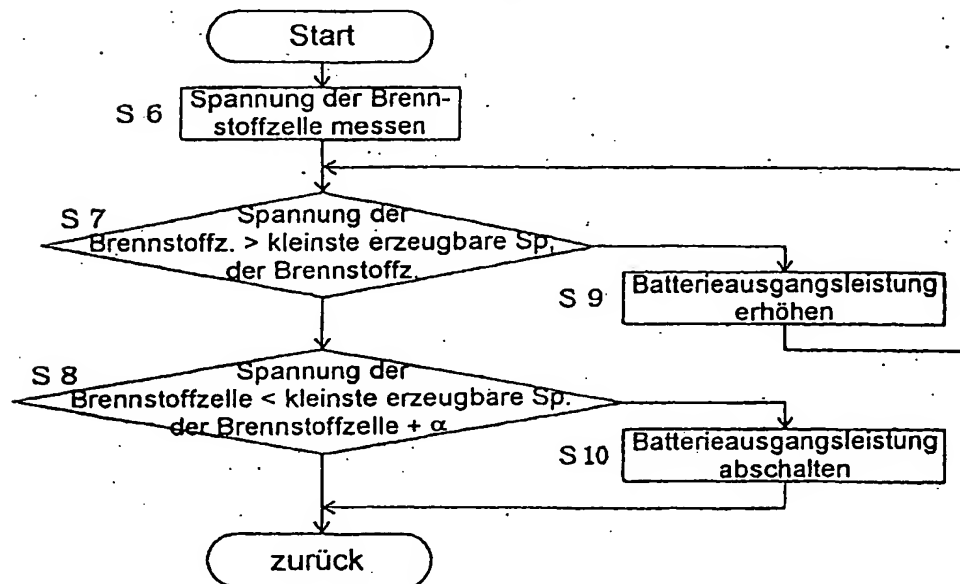


Fig. 7

